

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-153613

(43)Date of publication of application : 16.06.1995

(51)Int.Cl.

H01F 1/153  
 B22F 3/00  
 C22C 38/00  
 C22C 38/16  
 H01F 3/04  
 H01F 17/06

(21)Application number : 05-296951

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 26.11.1993

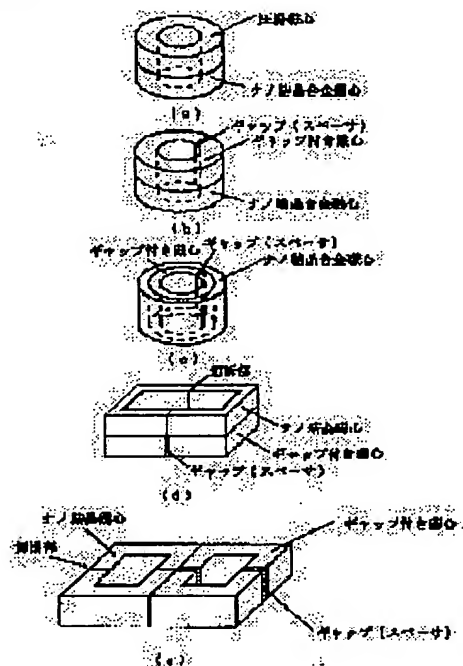
(72)Inventor : YOSHIZAWA KATSUTO  
 BIZEN YOSHIO  
 ARAKAWA SHUNSUKE

## (54) CORE FOR CHOKE COIL AND NONLINEAR CHOKE COIL

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a nonlinear choke coil having superior nonlinear characteristics and a temperature stability by a method wherein the nonlinear choke coil consists of a core formed by constituting integrally a nanocrystal high-magnetic permeability closed magnetic circuit core, a nanocrystal alloy core and a gapped core or a gapped dust core.

**CONSTITUTION:** A core for choke coil consists of a core formed by constituting integrally a nanocrystal high-magnetic permeability closed magnetic circuit core, a nanocrystal alloy core and a gapped core or a gapped dust core. The nanocrystal alloy core is an alloy core containing Fe as its main component and the composition of the core for choke coil is constituted in the compositional ratio of at least one kind of an element selected from between Cu and Cu to at least one kind of an element selected from among Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, and W to Si to B = a content of 0.1at% or higher to 3at% of lower to a content of 1at% or higher to 7at% or lower to a content of 10at% or higher to 17at% or lower to a content of 4at% or higher to 10at% or lower and a nonlinear choke coil is formed by winding at least one conductor wire on this core.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than abandonment  
 the examiner's decision of rejection or  
 application converted registration]

[Date of final disposal for application] 30.09.2002

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The core for choke coils characterized by unifying the core or the dust core in which gaps other than a nano crystal quantity permeability closed magnetic circuit core and a nano crystal alloy core were formed.

[Claim 2] Are the alloy which makes Fe a subject and the content of at least one sort of elements with which a nano crystal alloy is chosen from Cu and Au Less than [ more than 0.1at% 3at% ], The content of at least a kind of element chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, and W Less than [ more than 1at% 7at% ], The core for choke coils according to claim 1 characterized by for the content of Si being less than [ more than 10at% 17at% ], and B content being the presentation not more than more than 4at% 10at%.

[Claim 3] Are the alloy which makes Fe a subject and the content of at least one sort of elements with which a nano crystal alloy is chosen from Cu and Au Less than [ more than 0at% 3at% ], The content of at least a kind of element chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, and W Less than [ more than 2at% 10at% ], The core for choke coils according to claim 1 characterized by for the content of Si being less than [ more than 0at% 10at% ], and B content being the presentation not more than more than 2at% 10at%.

[Claim 4] The nonlinear choke coil characterized by winding at least one lead wire around a core according to claim 1 to 3.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the core for choke coils and nonlinear choke coil which have the nonlinear characteristic used for the output side smoothing circuit of switching power supply etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] The choke coil using the ferrite core which formed the gap as a choke coil used for smoothing circuits, such as switching power supply, the silicon steel core in which the gap was formed, Fe radical amorphous core in which the gap was formed, Fe radical amorphous core of a no gap, Fe dust core, a Fe-aluminum-Si alloy dust core, etc. is used. However, the choke coil using a ferrite core needs to perform enlarging the configuration of a core which enlarges a gap and increases the number of coils etc., in order to tend to saturate a core and to demonstrate sufficient effectiveness. Increasing the number of coils leads to the increment in copper loss, and the problem to which a coil generates heat and a temperature rise becomes intense produces it. On the other hand, if the configuration of a choke coil is enlarged, it will become disadvantageous in respect of the miniaturization of the whole circuit with a natural thing.

[0003] Since the choke coil using a silicon steel core has the large core loss in high frequency, it has the problem from which a temperature rise can seldom raise a switching frequency violently. Although it is necessary to carry out the resin mold of the core in the choke coil using Fe radical amorphous core in which the gap was formed in case a core is omitted in order to form a gap, since the magnetostriction of an ingredient is large, core loss increases remarkably, or there is a problem of the noise by magnetostriction vibration. When Fe radical amorphous core of a no gap is used, since resonance by magnetostriction vibration arises, actuation becomes unstable with a frequency, or there is a problem of the noise by magnetostriction vibration depending on a frequency band. Although Fe dust core is cheap, permeability is as low as less than 100, a large problem also has core loss and it cannot miniaturize a choke coil so much, either. Although excelled in [ the choke coil which used the Fe-aluminum-Si alloy dust core / thing / using Fe dust core ] property, it has the same problem in respect of the miniaturization. As mentioned above, the choke coil used for the conventional smoothing circuit has the trouble, respectively, gets down, and cannot necessarily be said to be sufficient property.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, since it will become difficult in the output side smoothing circuit of switching power supply to acquire a constant voltage if it becomes below critical current, resistance is put in or the nonlinear choke coil (swinging choke coil) in which a high inductance is shown where low current is overlapped is used for an output circuit by juxtaposition. Moreover, the choke of the choke coil used for an active filter in which a nonlinear characteristic is shown is also more desirable. As an approach of acquiring such a property with a choke coil, a wedge-like gap is put in and the approach which saturation cuts partially is learned. However, by this approach, there is a problem from which it becomes difficult to adjust a gap with the problem of a cost rise or a sufficient precision. Moreover, the choke coil

of a different gap is made into series, or there is the approach of performing a coil to the core of a different gap at coincidence, and producing a choke coil. In addition, what compounded the nano crystal alloy core which formed the gap of a publication in JP,1-169905,A, and the high permeability core which does not have a gap is known. However, in the nonlinear choke coil which compounded the core or the dust core in which the gap was formed, and high permeability cores, such as an amorphous alloy, since it is easy to magnetize a high permeability core rather than the nano crystal alloy core in which the gap was formed, the rate of core loss of a quantity permeability core is large, and when Fe radical amorphous alloy core etc. is used, there is a problem to which a temperature rise becomes large. When Co radical amorphous alloy is used as a high permeability closed magnetic circuit core, and it is used in the environment where aging is large and where ambient temperature is high, there is a problem on which a property deteriorates.

[0005] Moreover, what used the conventional ferrite as a high permeability closed magnetic circuit core has the large temperature change of the magnetic properties of a ferrite, and has the problem which is inferior in the temperature characteristic of a choke coil.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Since it becomes this invention persons show the nonlinear characteristic in which the field by the side of the low direct-current superposition especially the choke coil that consisted of a core which unified the nano crystal quantity permeability closed magnetic circuit core, the core in which the gap was formed, or the dust core, and wound at least one lead wire indicates a high inductance to be was widely excellent, and small [ the temperature rise by iron loss ] as a result of wholeheartedly examination in order to solve the above-mentioned trouble, it found out that it is suitable as a choke coil, and it hit on an idea to this invention.

[0007] This invention is a core for choke coils which shows the nonlinear characteristic which unified the nano crystal quantity permeability closed magnetic circuit core which does not have a gap, the nano crystal quantity permeability closed magnetic circuit core which does not have unification or a gap for the core in which gaps other than a nano crystal alloy core were formed, and the dust core. The mimetic diagram of the direct-current superposition property which coiled lead wire and measured the example of the structure of the core for this invention choke coils to drawing 1 (a), (b), (c), (d), and (e) is shown in drawing 2. Another this invention is the nonlinear choke coil which wound at least one lead wire around said core. Since it has the nonlinear characteristic from which an inductance changes to two steps to superimposed current as shown in drawing 2 and a high inductance is obtained in the field where a current is small, this choke coil can realize a stable property over the small and large output range. If it thinks in the property of a core, this will be expressed as relation between increment relative permeability  $\mu^*$  and the direct-current superposition field HDC. If inductances L are number of turns and effective-sectional-area regularity, they are proportional to increment relative permeability  $\mu^*$ , and direct-current superimposed current IDC and the direct-current superposition field HDC are in proportionality. The nano crystal alloy concerning this invention can mention the alloy of a publication to JP,4-4393,B or JP,1-242755,A. As for these alloys, at least 50% of an organization consists of an alloy of a detailed particle size not more than particle-size 100nm. 50nm or less of desirable diameters of crystal grain is 30nm or less especially preferably. Although the remainder mainly consists of an amorphous phase, it may be 100% crystal substantially. Although the board thickness of the shape of a ribbon produced with super-quenching methods, such as the single rolling method, uses a 1 to about 40 micrometers thing, the nano crystal alloy spent on a core has the desirable thing of 1 to about 25 micrometers board thickness, when especially loss needs to be lowered. The thing of 1 to 15 micrometers board thickness is more preferably desirable.

[0008] Especially the nano crystal alloy concerning this invention is an alloy which makes Fe a subject. The content of at least one sort of elements chosen from Cu and Au Less than [ more than 0.1at%3at% ], The content of at least a kind of element chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, and W can suppress a temperature rise low, especially when the content of less than [ more than 1at%5at% ] and Si is [ less than / more than 10at%17at% / and B content ] the presentations not

more than more than 4at%10at%. Are the alloy which makes Fe a subject and the content of at least one sort of elements with which a nano crystal alloy is chosen from Cu and Au Moreover, less than [ more than 0at%3at% ], The content of at least a kind of element chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, and W Less than [ more than 2at%10at% ], Since the content of Si can expand the field where less than [ more than 0at%10at% ] and B content show a high inductance when it is the alloy of a presentation and an input current is [ not more than more than 2at%10at% ] small, the property which was excellent especially as a choke coil is shown. As for the magnetostriction of the core ingredient concerning this invention, about 0 or a forward ingredient is suitable. Although core loss is low and a temperature rise is the lowest when magnetostriction is zero, in a forward case, it becomes loose [ the method of the reduction to the superimposed current of an inductance ].

[0009] As the nano crystal alloy closed magnetic circuit core which constitutes the core for this invention choke coils, and a core to combine, there are Fe radical amorphous core in which the gap was formed, the nano crystal alloy core in which the gap was formed, the ferrite core in which the gap was formed, a Fe-aluminum-Si dust core, Mo permalloy dust core, Fe dust core, a Fe-Si dust core, a nano crystal dust core, etc. Moreover, in order to unify, it is usually necessary to put the cores constituted into KOAKE-SU made from resin or a ceramic or, in order that resin coating \*\*\*\* may carry out the coil of the perimeter, when using a bobbin, they do not necessarily have to insert a core in a case, or they do not have to carry out resin coating. Moreover, the cores to combine do not need to be completely pasted up, although it is fixed so that it may not usually move, and it may not move by adhesion or the case, a band, etc. to each other. Moreover, resin sinking in of each core may be carried out if needed.

[0010]

[Example] Although this invention is explained according to an example below, this invention is not limited to these.

(Example 1) Si quenched [ Cu / B ] the alloy molten metal which is Fe on the remainder real target 6.5% 15.5% 2.5% 1% by atomic %, and Nb produced the amorphous alloy thin band with a width of face [ of 12.5mm ], and a thickness of 10 micrometers. Next, winding and a toroidal core were produced for this alloy thin band in the outer diameter of 33mm, and bore of 20mm. This core was heat-treated by 550-degreeC in an argon ambient atmosphere for 1 hour. It was checked that 50% or more is the nano crystal alloy which consists of a bccFe phase with a detailed organization as a result of organization observation according [ the alloy after heat treatment ] to an X diffraction and a transmission electron microscope. Moreover, when magnetostriction was measured, it was checked that it is  $1 \times 10^{-6}$  to less than six, and is very low magnetostriction.

[0011] Next, the structure which combines this core, and Fe radical amorphous core and Mo permalloy dust core in which the gap was formed, and is shown in drawing 1 (a) and (b) was pasted in piles, it put into the case made of phenol resin, the coil of 50 turns was given, and the choke coil of this invention was produced. The direct-current superposition property in 10kHz is shown in drawing 3. The direct-current superposition property at the time of unifying Fe radical amorphous core in which the choke coil and ferrite which benefit a comparison from Mo permalloy dust core, and the gap were formed is also shown. this invention choke coil shows the nonlinear characteristic, and is suitable for the secondary smooth choke of switching power supply. Furthermore, an improvement of the inductance by the side of low current is especially more remarkable than the choke coil of the same type which used the ferrite as a high permeability core.

[0012] Next, it actually included in the smoothing circuit of switching power supply, and the temperature rise was measured. The nonlinear choke coil which used the ferrite core as a high permeability core to this invention choke coil being 38-degreeC from 32-degreeC is 43-degreeC, and this invention choke coil of a temperature rise is [ a choke coil ] smaller.

[0013] (Example 2) The nano crystal alloy core of the presentation shown in Table 1 was produced by the same approach as an example 1, it compounded with the core of other quality of the materials, the core of the structure shown in drawing 1 (a), (b), and (c) was produced, and the HORUMARU line was wound. The direct-current superposition property was measured. The

direct-current superposition property with every nonlinear choke coil was shown. Next, it actually included in the smoothing circuit of switching power supply, and temperature rise  $\Delta T$  was measured. The obtained result is shown in Table 1. Temperature rise  $\Delta T$  is smaller [ than the conventional nonlinear choke coil ] excellent in the direction of this invention choke coil.

[0014]

[Table 1]

	組 成 (at%)	組 合 せ 磁 心 材	構 造	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
本 発 明 例	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_9$	FeSi圧粉	図1(a)	33
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Ta}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_9$	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	34
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Hf}_2\text{Si}_{1.0}\text{B}_9$	FeAlSi圧粉	図1(a)	35
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{B}_9$	Fe圧粉	図1(d)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Hf}_2\text{B}_9$	Fe圧粉	図1(e)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{Si}_{1.0}\text{B}_9$	Fe圧粉	図1(a)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{V}_1\text{B}_9$	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.3}\text{B}_7\text{Al}_3$	ナノ結晶	図1(c)	32
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.7}\text{B}_4$	ナノ結晶	図1(d)	33
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Au}_1\text{Nb}_2\text{V}_1\text{Si}_{1.0}\text{B}_9\text{Po}_2$	Fe圧粉	図1(e)	35
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Mo}_2\text{Si}_{1.6}\text{B}_{6.5}$	Fe基FeTa圧粉	図1(a)	32
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Co}_1\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_9$	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	34
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.3}\text{B}_9\text{Sn}_{0.3}$	Fe基FeTa圧粉	図1(c)	34
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Zr}_7\text{B}_3$	Fe基FeTa圧粉	図1(d)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{2.0}\text{B}_6\text{Ga}_2$	Fe基FeTa圧粉	図1(e)	36
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.7}\text{B}_3$	Fe圧粉	図1(a)	37
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_1\text{Nb}_{1.1}\text{B}_9\text{Cr}_1$	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	38
	$\text{Fe}_{0.1}, \text{Cu}_{0.5}\text{Zr}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_4$	Fe基FeTa圧粉	図1(c)	37
従 来 例	フェライト	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	43
	Fe基アモルファス	Fe基FeTa圧粉	図1(b)	45
	Fe基アモルファス	ナノ結晶	図1(b)	44

[0015] (Example 3) The nano crystal alloy core of the presentation shown in Table 2 was produced by the same approach as an example 1, it compounded with the core of other quality of the materials, the core of the structure shown in drawing 1 (a), (b), and (c) was produced, and the direct-current superposition property of winding, 25-degreeC, and 120-degreeC was measured for the HORUMARU line. Increment relative permeability [ in / for 25 degreeC, the frequency of 10kHz, and the increment relative permeability in superposition field 4 A/m /  $\mu_{25}$  (25), 120 degreeC, the frequency of 10kHz, and superposition field 4 A/m ] was expressed as  $\mu_{120}$  (120), and the temperature coefficient was defined as  $\alpha = (\mu_{25} (25) - \mu_{120} (120)) \times 100 / \mu_{25} (25)$ . The obtained result is shown in Table 2. The direct-current superposition property with every nonlinear choke coil was shown. The temperature coefficient  $\alpha$  is smaller [ than the conventional nonlinear choke coil ] excellent in the direction of this invention choke coil.

[0016]

[Table 2]

	組 成 (at%)	組 合 せ 磁 心 材	構 造	$\alpha$ (%)
本 発 明 例	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_1$	FeSi圧粉	図1(a)	5
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Ta}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_1$	Fe基FeBフラス	図1(b)	4
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Hf}_2\text{Si}_{1.0}\text{B}_1$	FeAlSi圧粉	図1(c)	5
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{B}_1$	フライト	図1(d)	5
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Hf}_1\text{B}_2$	フライト	図1(e)	4
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{Si}_{1.0}\text{B}_1$	Fe圧粉	図1(a)	4
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Zr}_2\text{W}_{1.0}\text{B}_1$	Fe基FeBフラス	図1(b)	4
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.3}\text{B}_1\text{Al}_0$	ナノ結晶	図1(o)	-4
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.7}\text{B}_1$	ナノ結晶	図1(d)	-3
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Au}_1\text{Nb}_2\text{V}_1\text{Si}_{1.0}\text{B}_1\text{Po}_{0.2}$	フライト	図1(e)	3
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Mo}_3\text{Si}_{1.6}\text{B}_{1.5}$	$\text{H}^+$ -フライト	図1(a)	-2
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Co}_{1.4}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.1}\text{B}_1$	Fe基FeBフラス	図1(b)	3
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.3}\text{B}_1\text{Sn}_{0.3}$	Fe基FeBフラス	図1(o)	6
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Zr}_1\text{B}_2$	$\text{H}^+$ -フライト	図1(d)	6
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{2.0}\text{B}_1\text{Ga}_2$	Fe基FeBフラス	図1(e)	-7
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{1.7}\text{B}_2$	Fe圧粉	図1(a)	-8
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_1\text{Nb}_{1.2}\text{B}_1\text{Cr}_1$	Fe基FeBフラス	図1(b)	8
	$\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_{0.4}\text{Zr}_1\text{Si}_{1.1}\text{B}_1$	Fe基FeBフラス	図1(o)	7
従 来 例	フライト	Fe基FeBフラス	図1(b)	-28
	Fe基アモルファス	Fe基FeBフラス	図1(b)	12
	Fe基アモルファス	ナノ結晶	図1(b)	12

[0017]

[Effect of the Invention] According to this invention, when a current is small, a high inductance is shown, a temperature rise is small, and since the core for choke coils and a nonlinear choke coil excellent also in temperature stability are realizable, a remarkable thing has the effectiveness.

[Translation done.]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing having shown the example of the structure of the core for choke coils concerning this invention

[Drawing 2] Drawing having shown typically an example of the direct-current superposition property of a nonlinear choke coil

[Drawing 3] It is drawing having shown the example of the direct-current superposition property of the core for this invention choke coils.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-153613

(43) 公開日 平成7年(1995)6月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 F 1/153

B 2 2 F 3/00

C 2 2 C 38/00

38/16

B

3 0 3 S

H 0 1 F 1/ 14

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平5-296951

(22) 出願日

平成5年(1993)11月26日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 吉沢 克仁

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 備前 嘉雄

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 荒川 俊介

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

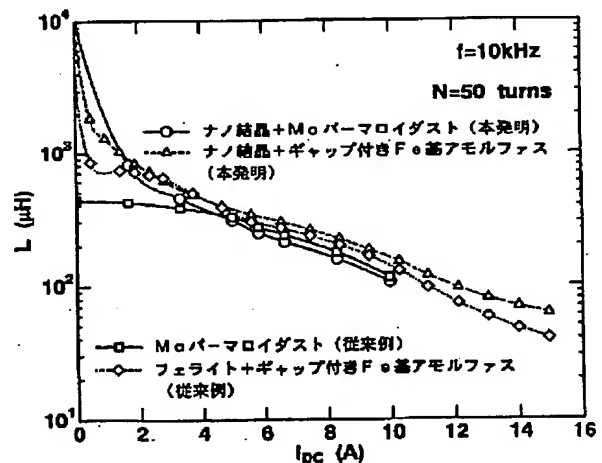
(74) 代理人 弁理士 大場 充

(54) 【発明の名称】 チョークコイル用磁心ならびに非線形チョークコイル

(57) 【要約】

【目的】 電流が小さい場合に高いインダクタンスを示し、温度上昇が小さく、温度安定性にも優れたチョークコイル用磁心の提供。

【構成】 ナノ結晶高透磁率閉磁路磁心とナノ結晶合金磁心以外のギャップを形成した磁心または圧粉磁心を一体化したチョークコイル用磁心。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ナノ結晶高透磁率閉磁路磁心とナノ結晶合金磁心以外のギャップを形成した磁心または圧粉磁心を一体化したことを特徴とするチョークコイル用磁心。

【請求項2】 ナノ結晶合金がFeを主体とする合金であって、Cu、Auから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が0.1at%以上3at%以下、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が1at%以上7at%以下、Siの含有量が10at%以上17at%以下、B含有量が4at%以上10at%以下の組成であることを特徴とする請求項1に記載のチョークコイル用磁心。

【請求項3】 ナノ結晶合金がFeを主体とする合金であって、Cu、Auから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が0at%以上3at%以下、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が2at%以上10at%以下、Siの含有量が0at%以上10at%以下、B含有量が2at%以上10at%以下の組成であることを特徴とする請求項1に記載のチョークコイル用磁心。

【請求項4】 請求項1乃至請求項3に記載の磁心に少なくとも1つの導線を巻回したことを特徴とする非線形チョークコイル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はスイッチング電源の出力側平滑回路等に用いられる非線形特性を有するチョークコイル用磁心ならびに非線形チョークコイルに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 スwitchング電源等の平滑回路に用いられているチョークコイルとしてはギャップを形成したフェライト磁心、ギャップを形成した珪素鋼磁心、ギャップを形成したFe基アモルファス磁心、ノーギャップのFe基アモルファス磁心、Fe圧粉磁心やFe-Al-Si合金圧粉磁心等を用いたチョークコイルが用いられる。しかし、フェライト磁心を用いたチョークコイルは、磁心が飽和しやすく、十分な効果を発揮するためには、ギャップを大きくし巻線数を増加する、磁心の形状を大きくする等を行う必要がある。巻線数を増加することは銅損の増加につながり、コイルが発熱し温度上昇が激しくなる問題が生ずる。一方、チョークコイルの形状を大きくすると、当然のことながら回路全体の小型化の面で不利となる。

【0003】 珪素鋼磁心を用いたチョークコイルは、高周波における磁心損失が大きいため、温度上昇が激しくスイッチング周波数をあまり上げられない問題がある。ギャップを形成したFe基アモルファス磁心を用いたチョークコイルでは、ギャップを形成するために磁心をカットする際に磁心を樹脂モールドする必要があるが、材料の磁歪が大きいため磁心損失が著しく増加したり、磁歪振動による騒音の問題がある。ノーギャップのFe基アモルファス磁心を用いた場合は、磁歪振動による共振が生ずるため周波数により動作が不安定になったり、周波数

帯によっては磁歪振動による騒音の問題がある。Fe圧粉磁心は安価であるが、透磁率が100未満と低く、磁心損失も大きい問題があり、チョークコイルもそれほど小型化できない。Fe-Al-Si合金圧粉磁心を使用したチョークコイルもFe圧粉磁心を用いたものよりも特性的には優れているものの小型化の面で同様の問題を有している。以上のように、従来の平滑回路に用いられているチョークコイルはそれぞれ問題点を有しており必ずしも十分な特性とは言えない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、スイッチング電源の出力側平滑回路では、臨界電流以下になると定電圧を得ることが困難となるため、出力回路に並列に抵抗を入れたり、低電流が重畳した状態で高いインダクタンスを示す非線形チョークコイル（スインギングチョークコイル）が使用される。また、アクティブフィルタに用いられるチョークコイルも非線形特性を示すチョークの方が好ましい。このような特性をチョークコイルで得る方法としては、くさび状ギャップを入れ、飽和が部分的におきるようにする方法が知られている。しかし、この方法では、コスト上昇の問題や精度よくギャップを調整するのが困難となる問題がある。また、異なるギャップのチョークコイルをシリーズにしたり、異なるギャップのコアに同時に巻線を行いチョークコイルを作製する方法がある。この他に、特開平1-169905に記載のギャップを形成したナノ結晶合金磁心とギャップを有しない高透磁率磁心を複合したものが知られている。しかし、ギャップを形成した磁心あるいは圧粉磁心とアモルファス合金等の高透磁率磁心を複合した非線形チョークコイルでは高透磁率磁心がギャップを形成したナノ結晶合金磁心よりも磁化しやすいため高透磁率磁心の磁心損失の割合が大きく、Fe基アモルファス合金磁心等を使用した場合は温度上昇が大きくなる問題がある。Co基アモルファス合金を高透磁率閉磁路磁心として使用した場合は、経時変化が大きく周囲温度が高い環境で使用すると特性が劣化する問題がある。

【0005】 また、従来のフェライトを高透磁率閉磁路磁心として使用したものは、フェライトの磁気特性の温度変化が大きく、チョークコイルの温度特性が劣る問題がある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記問題点を解決するために鋭意検討の結果、本発明者らは、ナノ結晶高透磁率閉磁路磁心とギャップを形成した磁心あるいは圧粉磁心を一体化した磁心からなり少なくとも1つの導線を巻回したチョークコイルが特に高インダクタンスを示す低直流重畳側の領域が広く優れた非線形特性を示し、鉄損による温度上昇も小さくなるためチョークコイルとして好適であることを見出し本発明に想到した。

【0007】 本発明はギャップを有しないナノ結晶高透

磁率閉磁路磁心とナノ結晶合金磁心以外のギャップを形成した磁心を一体化あるいはギャップを有しないナノ結晶高透磁率閉磁路磁心と圧粉磁心を一体化した非線形特性を示すチョークコイル用磁心である。本発明チョークコイル用磁心の構造の例を図1(a)(b)(c)(d)(e)に、導線を巻き測定した直流重畳特性の模式図を図2に示す。もうひとつの本発明は前記磁心に少なくとも1つの導線を巻回した非線形チョークコイルである。このチョークコイルは図2に示すような重畳電流に対してインダクタンスが2段に変化する非線形特性を有し、電流が小さい領域で高いインダクタンスが得られるため、小型で広い出力範囲にわたり安定な特性を実現できる。磁心の特性で考えると、これは増分比透磁率 $\mu \Delta$ と直流重畳磁界 $H_{dc}$ の関係として表現される。インダクタンス $L$ は巻数と有効断面積一定であれば増分比透磁率 $\mu \Delta$ に比例し、直流重畳電流 $I_{dc}$ と直流重畳磁界 $H_{dc}$ は比例関係にある。本発明に係わるナノ結晶合金は、たとえば特公平4-4393や特開平1-242755に記載の合金を挙げることができる。これらの合金は組織の少なくとも50%が粒径100nm以下の微細な粒径の合金からなる。好ましい結晶粒径は50nm以下、特に好ましくは30nm以下である。残部は主にアモルファス相からなるが実質的に100%結晶であっても良い。磁心に使われるナノ結晶合金は単ロール法等の超急冷法により作製したリボン状の板厚が1 $\mu$ mから40 $\mu$ m程度のものを用いるが、損失を特に下げる必要がある場合には1 $\mu$ mから25 $\mu$ m程度の板厚のものが望ましい。より好ましくは1 $\mu$ mから15 $\mu$ mの板厚のものが望ましい。

【0008】本発明に係わるナノ結晶合金は特にFeを主体とする合金であって、Cu, Auから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が0.1at%以上3at%以下、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, Wから選ばれる少なくとも一種の元素の含有量が1at%以上5at%以下、Siの含有量が10at%以上17at%以下、B含有量が4at%以上10at%以下の組成の場合特に温度上昇を低く抑えることができる。また、ナノ結晶合金がFeを主体とする合金であって、Cu, Auから選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が0at%以上3at%以下、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, Wから選ばれる少なくとも一種の元素の含有量が2at%以上10at%以下、Siの含有量が0at%以上10at%以下、B含有量が2at%以上10at%以下の組成の合金の場合は入力電流が小さい場合に高インダクタンスを示す領域を拡大できるためチョークコイルとして特に優れた特性を示す。本発明に係わる磁心材料の磁歪はほぼ零か正の材料が適している。磁歪が零の場合は磁心損失が低く温度上昇が最も低い、正の場合はインダクタンスの重畳電流に対する減少の仕方がゆるやかとなる。

【0009】本発明チョークコイル用磁心を構成するナノ結晶合金閉磁路磁心と組み合わせる磁心としては、ギャップを形成したFe基アモルファス磁心、ギャップを形成したナノ結晶合金磁心、ギャップを形成したフェライト磁心、Fe-Al-Si圧粉磁心、Moパーマロイ圧粉磁心、Fe

圧粉磁心、Fe-Si圧粉磁心、ナノ結晶圧粉磁心等がある。また、構成される磁心どうしは一体化するため通常樹脂やセラミック製のコアケースに入れたり、周囲を樹脂コーティングされが、巻線するためボビンを使用する場合は必ずしも磁心をケースに挿入したり樹脂コーティングする必要はない。また、組み合わせる磁心どうしは通常は動かないように接着あるいはケースやバンド等でお互いに動かないように固定されているが完全に接着されている必要はない。また、各磁心は必要に応じて樹脂含浸される場合がある。

#### 【0010】

【実施例】以下本発明を実施例にしたがって説明するが本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1) 原子%でCuが1%、Nbが2.5%、Siが15.5%、Bが6.5%、残部実質的にFeである合金溶湯を急冷し、幅12.5mm、厚さ10 $\mu$ mのアモルファス合金薄帯を作製した。次にこの合金薄帯を外径33mm、内径20mmに巻回し、トロイダル磁心を作製した。この磁心をアルゴン雰囲気中550°Cで1時間熱処理した。熱処理後の合金はX線回折および透過電子顕微鏡による組織観察の結果、組織の50%以上が微細なbccFe相からなるナノ結晶合金であることが確認された。また磁歪を測定したところ $1 \times 10^{-6}$ 未満であり非常に低磁歪であることが確認された。

【0011】次にこの磁心とギャップを形成したFe基アモルファス磁心、Moパーマロイ圧粉磁心を組み合わせ図1(a)(b)に示す構造に重ねて接着し、フェノール樹脂製のケースに入れ、50ターンの巻線を施し本発明のチョークコイルを作製した。10kHzにおける直流重畳特性を図3に示す。比較のためにMoパーマロイ圧粉磁心からなるチョークコイル、フェライトとギャップを形成したFe基アモルファス磁心を一体化した場合の直流重畳特性も示す。本発明チョークコイルは非線形特性を示しておりスイッチング電源の2次側平滑チョークに好適である。更に、フェライトを高透磁率磁心として使用した同タイプのチョークコイルよりも特に低電流側のインダクタンスの改善が著しい。

【0012】次に実際にスイッチング電源の平滑回路に組み込み温度上昇を測定した。本発明チョークコイルが32°Cから38°Cであるのに対して高透磁率磁心としてフェライト磁心を使用した非線形チョークコイルは43°Cであり本発明チョークコイルの方が温度上昇が小さい。

【0013】(実施例2) 表1に示す組成のナノ結晶合金磁心を実施例1と同様の方法で作製し、他の材質の磁心と複合し、図1(a)(b)(c)に示す構造の磁心を作製しホルマル線を巻回した。直流重畳特性を測定した。どのチョークコイルも非線形な直流重畳特性を示していた。次に実際にスイッチング電源の平滑回路に組み込み温度上昇 $\Delta T$ を測定した。得られた結果を表1に示す。温度上昇 $\Delta T$ は本発明チョークコイルの方が従来の非線形チョークコイルよりも小さく優れている。

10

20

30

40

50

【0014】

【表1】

	組 成 (at%)	組 合 せ 磁 心 材	構 造	$\Delta T$ (°C)
本 発 明 例	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	FeSi圧粉	図1(a)	33
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Ta <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	34
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Hf <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub>	FeAlSi圧粉	図1(a)	35
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(d)	38
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Hf <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	38
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub>	Fe圧粉	図1(a)	35
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> V <sub>1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	36
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Al <sub>0.5</sub>	ナノ結晶	図1(c)	32
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	ナノ結晶	図1(d)	33
	Fe <sub>0.1</sub> , Au <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub> Po <sub>0.5</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	35
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Mo <sub>2</sub> Si <sub>1.4</sub> B <sub>6.5</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(a)	32
	Fe <sub>0.1</sub> , Co <sub>1.5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	34
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Sn <sub>0.5</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(c)	34
	Fe <sub>0.1</sub> , Zr <sub>7</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(d)	36
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub> Ge <sub>2</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	36
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe圧粉	図1(a)	37
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Cr <sub>1</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	38
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>0.5</sub> Zr <sub>7</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(c)	37
従 来 例	フェライト	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	43
	Fe基アモルファス	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	45
	Fe基アモルファス	ナノ結晶	図1(b)	44

20

【0015】（実施例3）表2に示す組成のナノ結晶合金磁心を実施例1と同様の方法で作製し、他の材質の磁心と複合し、図1(a)(b)(c)に示す構造の磁心を作製しホルマル線を巻回し、25°Cおよび120°Cの直流重畳特性を測定した。25°C、周波数10kHz、重畳磁界4A/mにおける増分比透磁率を $\mu_{\Delta 1}(25)$ 、120°C、周波数10kHz、重畳磁界4A/mにおける増分比透磁率を $\mu_{\Delta 1}(120)$ と表し、温度

係数を $\alpha = (\mu_{\Delta 1}(25) - \mu_{\Delta 1}(120)) \times 100 / \mu_{\Delta 1}(25)$ と定義した。得られた結果を表2に示す。どのチョークコイルも非線形な直流重畳特性を示した。温度係数 $\alpha$ は本発明チョークコイルの方が従来の非線形チョークコイルよりも小さく優れている。

【0016】

【表2】

	組 成 (at%)	組 合 せ 磁 心 材	構 造	$\alpha$ (%)
本 発 明 例	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	FeSi圧粉	図1(a)	5
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Ta <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	4
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Hf <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub>	FeAlSi圧粉	図1(a)	5
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(d)	5
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Hf <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	4
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub>	Fe圧粉	図1(a)	4
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Zr <sub>2</sub> V <sub>1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	4
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Al <sub>0.5</sub>	ナノ結晶	図1(c)	-4
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	ナノ結晶	図1(d)	-3
	Fe <sub>0.1</sub> , Au <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> V <sub>1</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub> Po <sub>0.5</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	3
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Mo <sub>2</sub> Si <sub>1.4</sub> B <sub>6.5</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(a)	-2
	Fe <sub>0.1</sub> , Co <sub>1.5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	3
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Sn <sub>0.5</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(c)	5
	Fe <sub>0.1</sub> , Zr <sub>7</sub> B <sub>9</sub>	Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(d)	6
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.0</sub> B <sub>9</sub> Ge <sub>2</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(e)	-7
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe圧粉	図1(a)	-8
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub> Cr <sub>1</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	8
	Fe <sub>0.1</sub> , Cu <sub>0.5</sub> Zr <sub>7</sub> Si <sub>1.1</sub> B <sub>9</sub>	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(c)	7
従 来 例	フェライト	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	-28
	Fe基アモルファス	Fe基Fe <sub>3</sub> Si <sub>7</sub> 圧粉	図1(b)	12
	Fe基アモルファス	ナノ結晶	図1(b)	12

【0017】

【発明の効果】本発明によれば、電流が小さい場合に高いインダクタンスを示し、温度上昇が小さく、温度安定

性にも優れたチョークコイル用磁心ならびに非線形チョークコイルを実現できるためその効果は著しいものがある。

【図面の簡単な説明】

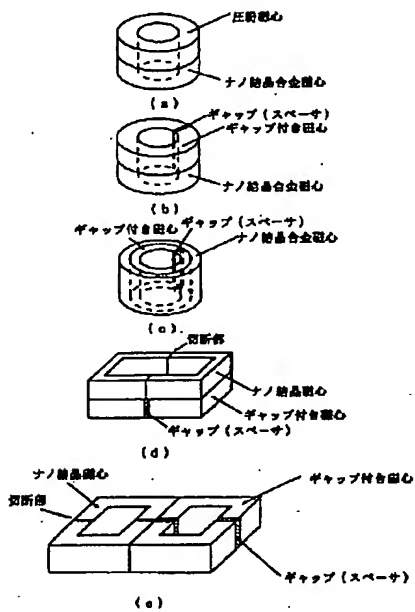
【図1】 本発明に係わるチョークコイル用磁心の構造の例を示した図

【図2】 非線形チョークコイルの直流重畳特性の一例を

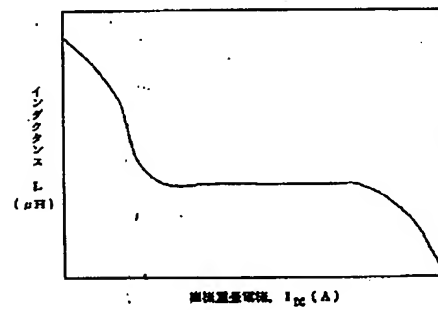
模式的に示した図

【図3】 本発明チョークコイル用磁心の直流重畳特性の例を示した図である。

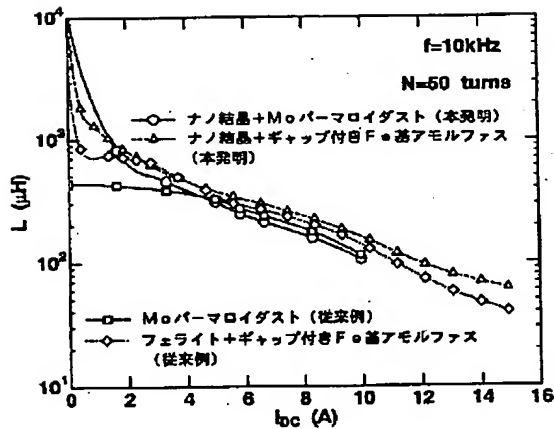
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 F 3/04

17/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 8123-5E